

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-124491
(P2003-124491A)

(43)公開日 平成15年4月25日(2003.4.25)

(51)Int.Cl.⁷
H 0 1 L 31/042

識別記号

F I
H 0 1 L 31/04

テーマコード(参考)
R 5 F 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2001-317091(P2001-317091)

(22)出願日 平成13年10月15日(2001.10.15)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 藤岡 靖

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(74)代理人 100075502

弁理士 倉内 義朗

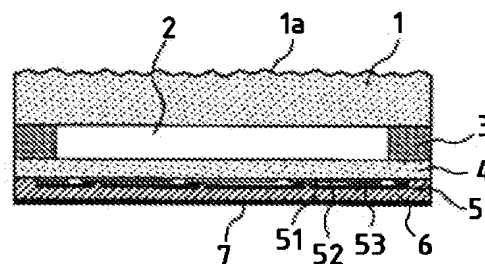
Fターム(参考) 5F051 AA03 AA05 BA03 BA11 BA18
EA09 EA10 EA16 FA03 JA03
JA04 JA09

(54)【発明の名称】 薄膜太陽電池モジュール

(57)【要約】

【課題】モジュール表面のガラスの反射光による問題を低減するとともに、発電効率を低下させることなく十分なモジュール強度が得られるようにする。

【解決手段】非単結晶シリコン系薄膜太陽電池5を形成するガラス基板として安価な非強化の平板ガラス基板4を用い、そのガラス基板4の表面側に、防眩効果を得るための凹凸形状が表面に形成されてなる表面凹凸ガラス板(強化白板型板ガラス)1を、空間層2を設けて配置することで、モジュール表面の防眩効果、モジュール強度確保及び低コスト化を達成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 表面凹凸ガラス板と、空間層と、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池が形成された平板ガラス基板とがこの順に積層されているとともに、前記表面凹凸ガラス板として、少なくとも光入射側の面に防眩効果を得るための凹凸形状が形成された強化型板ガラスが用いられていることを特徴とする薄膜太陽電池モジュール。

【請求項 2】 前記表面凹凸ガラス板は、光入射側の面の前記凹凸形状の算術平均表面粗さ R_a が 0.001mm ～ 0.3mm の範囲であることを特徴とする請求項 1 記載の薄膜太陽電池モジュール。

【請求項 3】 前記表面凹凸ガラス板が平均厚さ 3mm 以上の強化白板型板ガラスであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜太陽電池モジュール。

【請求項 4】 前記平板ガラス基板が、厚さ 3mm 以下の青板ガラスであることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の薄膜太陽電池モジュール。

【請求項 5】 前記平板ガラス基板が、非強化の平板ガラスであることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の薄膜太陽電池モジュール。

【請求項 6】 前記空間層が、乾燥空気層、乾燥不活性ガス層、または真空層であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の薄膜太陽電池モジュール。

【請求項 7】 前記表面凹凸ガラス板の前記空間層側の面、または前記平板ガラス基板の前記空間層側の面の少なくとも一方の面に反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の薄膜太陽電池モジュール。

【請求項 8】 前記非単結晶シリコン系薄膜太陽電池の裏面側に断熱部材が設けられていることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の薄膜太陽電池モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は薄膜太陽電池モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】 薄膜太陽電池は、結晶ウエハを用いる太陽電池と比較し、半導体材料の使用量が少なく済み、ガラスや金属等の安価な基板上に低温プロセスで形成できるため、低価格化が期待されている。

【0003】 薄膜太陽電池の中でも、アモルファスシリコンや薄膜多結晶等の非単結晶シリコン系薄膜太陽電池は、材料であるシリコンが非常に豊富であること、及び Cd や Se を使用する化合物系太陽電池と比較して材料が無害で環境への影響がない点で優れており、普及が期待されている。

【0004】 このような非晶質シリコン太陽電池においては、まず、ガラス等の透光性基板上に SnO_2 や ZnO 等の透明導電膜／ p-i-n 非晶質シリコン系半導体

層／金属表面電極層を順次積層して太陽電池素子を形成し、レーザビーム等で分割・接続して集積構造とする。次に、太陽電池素子の裏面側をエチレンビニルアセテートやポリビニルブチラル等充填材、または PET ／アルミニウムフィルム／ PET 積層シートやテドラ等のバックシートで封止してスーパーストレート型の太陽電池パネルを構成し、これにアルミニウムフレーム等の支持部材を取り付けて屋外で設置使用することが一般的である。

【0005】 このように構成される薄膜系の太陽電池モジュールは、発電に寄与する層が薄い点、構造材料が 1 枚で済む点、及び配線が簡略な点で、低コスト化が期待されている。

【0006】 一方、ガラス基板を使用する薄膜太陽電池モジュールにおいては、薄膜半導体材料を堆積して太陽電池を形成する平板のガラス基板が、モジュールの表面となる。そのため、モジュールを住宅の屋根やビルの屋上あるいはビルや建築物の壁面に設置した場合、太陽電池モジュールの表面が鏡のようになり、太陽光の反射光が近隣の住居や通行人から非常に眩しく見える。あるいは、周囲の風景や空の雲がモジュール表面に映り込み、住宅や建築物の外観が損なわれるという問題がある。

【0007】 このような、ガラス板を表面に用いた太陽電池モジュールの表面反射の問題については、従来、以下のような対応が提案されている。

【0008】 例えば、結晶系の太陽電池モジュールにおいては、シリコンウエハを保護するカバーガラスとして、型板ガラス（裏面凹凸付き）を用いることにより、カバーガラスで光を乱反射させる防眩処理が一般に適用されている。

【0009】 薄膜太陽電池モジュールにおいては、特開平 11-74552 号公報に、ガラス基板として太陽電池モジュールの表面側が凹凸形状の型板ガラスを用いることが開示されている。また、特開 2001-53315 号公報に、ガラス基板（透明絶縁基板）の表面にピーズを混入した光を拡散する樹脂を塗布することが開示されている。

【0010】 ここで、ガラス基板を使用する薄膜太陽電池モジュールにおいては、薄膜半導体材料を堆積して太陽電池を形成するガラス基板がモジュールの最表面となるので、屋外で使用するには、十分な発電電力が得られるような大面積のモジュールにおいて、風圧や降雹に耐える強度がガラス基板に要求される。

【0011】 ガラス基板として強化ガラスを用いれば、ガラスの強度が増し、厚さを抑えられる。しかしながら、ガラス基板の薄膜太陽電池においてガラス基板に強化ガラスを用いることは難しい。

【0012】 すなわち、ガラス基板の薄膜太陽電池においては、ガラス基板上に SnO_2 等の透明電極を設けて電極としており、大面積のガラス基板上に透明電極を安

価に形成するには一般に高温プロセスの熱CVD法が用いられている。そのため、透明電極を形成するガラス基板が熱強化処理されていても、高温プロセスによって焼きなまされて強化の応力が失われてしまう。従ってガラス基板を強化ガラスにすることは困難である。

【0013】このようなことから、電力用の薄膜太陽電池モジュールのガラス基板においては、強度を確保するために板厚を3mm以上に厚くする必要がある。しかし、ガラス基板が厚くなると、ガラスによる光の吸収が増加して、発電効率が低下するという問題がある。特に、ガラス基板の材料として、安価な青板ガラスを用いた場合、ガラスによる光吸収が大きくて発電効率の低下が大きくなる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記したガラス基板の薄膜太陽電池モジュールにおけるガラス表面反射の問題に関して、表面が凹凸形状の型板ガラスを基板として用いる方法（特開平11-74552号公報）では、薄膜太陽電池のレーザバタニング工程において、凹凸形状のガラス表面でレーザビームが散乱するので加工が難しいという問題がある。

【0015】また、ビーズを混入した光を拡散する樹脂をガラス基板表面に塗布する方法（特開2001-53315号公報）では、樹脂の耐候性の問題があり、さらに大面積に均一な凹凸を形成するのが難しく、外観が損なわれるという問題がある。

【0016】一方、前記したガラス基板の光吸収による発電効率の低下の問題を解消するには、一般的に用いられる安価な青板ガラスに代えて、博物館の展示室等の特殊用途のみに使用されている、透過率の高い白板ガラスをガラス基板に用いればよいが、白板ガラスは非常に高価であるので、薄膜太陽電池の利点であるコスト低減効果が阻害されるという問題がある。

【0017】本発明はそのような問題を解消すべく考えられたもので、モジュール表面のガラスの反射光による問題を低減することができ、さらに発電効率を低下させることなく、十分な強度を得ることのできる安価な薄膜太陽電池モジュールの提供を目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明の薄膜太陽電池モジュールは、表面凹凸ガラス板と、空間層と、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池が形成された平板ガラス基板とがこの順に積層されているとともに、前記表面凹凸ガラス板として、少なくとも光入射側の面に防眩効果を得るための凹凸形状が形成された強化型板ガラスが用いられていることによって特徴づけられる。

【0019】本発明の薄膜太陽電池モジュールにおいて、表面凹凸ガラス板は、光入射側の面の前記凹凸形状の算術平均表面粗さRaが0.001mm～0.3mmの範囲であることが好ましい。また、表面凹凸ガラス板

は、平均厚さ3mm以上の強化白板型板ガラスであることが好ましい。

【0020】本発明の薄膜太陽電池モジュールにおいて、平板ガラス基板は厚さ3mm以下の青板ガラスであることが好ましい。また、平板ガラス基板は非強化の平板ガラスであることが好ましい。

【0021】本発明の薄膜太陽電池モジュールにおいて、空間層は、乾燥空気層、乾燥不活性ガス層、または真空層であることが好ましい。

10 【0022】本発明の薄膜太陽電池モジュールにおいて、表面凹凸ガラス板の空間層側の面、または平板ガラス基板の空間層側の面の少なくとも一方の面に反射防止膜が形成されていることが好ましい。

【0023】本発明の薄膜太陽電池モジュールにおいて、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池の裏面側（光入射の反対側）に断熱部材が設けられていることが好ましい。

【0024】次に、本発明を具体的に説明する。

20 【0025】まず、薄膜太陽電池において、従来、光入射側の面に薄膜太陽電池基板とは別に透明の保護板が設けられるものとして、文字盤に太陽電池を配置したソーラー腕時計や、太陽電池を電源にしたガーデンライト等が商品化されている。

【0026】しかしながら、これらの薄膜太陽電池においては、屋外に設置した場合の防眩効果は考慮されていない。腕時計の場合、カバーガラスの表面には意匠性を高める緩いカーブやカット等の多少の凹凸が形成されることはあっても、文字盤が正確に読み取れる必要があるため、防眩効果が得られるような細かな凹凸が全面にわたって形成されることはない。

30 【0027】ガーデンライト等の屋外小電力用途の場合、太陽電池が小面積であるため、防眩性能や表面強度はあまり問題にならず、表面に防眩性能が得られるような凹凸形状を形成したり、カバー材に強化ガラスを用いるというようなことはされていない。また、太陽電池とは別にポリカーボネートやアクリルなどの透明カバーを機器外装カバーの一部に設けて、薄膜太陽電池基板の保護カバーとするという方法も採られているが、ガラス基板の他に太陽電池に一体化した表面カバーガラスは必要とされていない。

【0028】これに対し、本発明では、防眩効果と強度保持の2つの機能をモジュール表面の表面凹凸ガラス板に持たせ、これと分離して、発電機能を薄板の平板ガラス基板上に形成した薄膜太陽電池に持たせることにより、それぞれの機能を実現している。これと同時に、すでに量産効果の出ているガラス材料（青板ガラス、強化白板型板ガラス等）による材料費の節減効果と、プロセス負荷の小さなガラス基板を用いることによるプロセス簡素化効果によって低コスト化を実現するものである。

50 【0029】すなわち、本発明では、薄膜太陽電池の集

積化バターンングプロセスの関係から、表面を凹凸形状とすることが困難なガラス基板として、安価な非強化の平板ガラス（平板青板ガラス）を用い、そのガラス基板の表面側に、凹凸形状が表面に形成された表面凹凸ガラス板（強化白板型板ガラス）を、空間層を設けて配置することで、モジュールの強度確保、モジュール表面の防眩効果及び低コスト化を同時に実現している。

【0030】本発明においては、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池を形成する平板ガラス基板と表面凹凸ガラス板との間を空間層とするので、それら平板ガラス基板と表面凹凸ガラス板とは樹脂等で接着されておらず、従って接着樹脂等による光の吸収がなく、入射光の損失が少なく済む。

【0031】本発明の構造においても、空間層に面するガラス表面で光の反射が多少生じるものの、そのガラス表面に反射防止膜を形成することにより、光反射の低減が可能である。

【0032】このような反射防止膜としては、フッ化マグネシウムやフッ素樹脂等の低屈折率の透明膜や屈折率が異なる膜の多層膜を挙げることができる。

【0033】さらに、本発明において、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池が形成された平板ガラス基板は、モジュールの表面から空間層で熱的に隔てられているため、入射光で加熱された薄膜太陽電池の熱はモジュール表面側から逃げにくく、日射時の薄膜太陽電池の温度上昇を大きくすることができる。

【0034】ここで、アモルファスシリコン等の非晶質からなる薄膜太陽電池においては、温度上昇による出力低下が少なく、かつ、いわゆるステプラー・ロンスキー効果による光劣化の熱回復があることが知られており、日射時にモジュール温度が高くなるようにした方が高い変換効率が得られることが一般に知られている。

【0035】本発明の薄膜太陽電池モジュールにおいては、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池を形成した平板ガラス基板の光入射側に、空間層と表面凹凸ガラス板を設けているので、モジュール表面側の断熱性が高く、薄膜太陽電池の温度が高くなる。従って屋外使用時に高い変換効率を維持することができる。

【0036】本発明において、空間層は、表面凹凸ガラス板と平板ガラス基板との間に設けられるが、その空間層には屋外使用時に水蒸気や埃等が入らない構造とすることが好ましい。表面凹凸ガラス板と平板ガラス基板との間に水蒸気が入ると、ガラス表面に曇りや結露が生じ、入射光の吸収や反射、薄膜の酸化や剥離等の劣化が生じやすくなる。また、埃が侵入した場合にも、入射光の吸収や反射が生じる。

【0037】これら水蒸気の浸入や埃の侵入を防ぐには、空間層の周囲部分に、ガラス板間の空間を密閉するシール部材を設けることが好ましい。さらに、空間層を水蒸気を含まない乾燥空気、乾燥窒素ガスまたは乾燥ア

ルゴンガス等を充填した不活性ガス層、または真空層とすることが好ましい。

【0038】空間層の厚さとしては、表面凹凸ガラス板が風圧等の外力によって変形したときに、平板ガラス基板を圧迫しない程度の厚さが好ましく、さらに薄膜太陽電池モジュール全体の厚さが、アルミニウムフレーム等の支持部材に収まりやすい厚さであることが好ましい。具体的には、空間層の厚さは1mm～30mmの範囲が好ましい。

10 【0039】前記したように、本発明では、モジュールの強度を表面凹凸ガラス板によって保つ構造としているので、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池を形成する平板ガラス基板の板厚を薄くすることができる。

【0040】例えば、電力用太陽電池モジュールとしては、モジュール面積0.5m²～1m²前後の寸法のものが多く用いられており、この寸法の薄膜太陽電池モジュールにおいて、耐風圧強度・降電等の衝撃に対する強度（JIS C8938・JIS C8939で規定された強度）をガラス基板単板で維持しようとする、非強化の平板ガラスでは3mm以上の厚さが必要であるが、本発明においては、3mm以下の厚さにすることができる。

20 【0041】また、ガラス基板を薄くすることによって、ガラス基板での入射光の吸収を低減することが可能であり、高価な白板ガラスに代えて、透過率はあまり高くないものの安価な平板青板ガラスをガラス基板として使用することが可能になる。

【0042】さらに、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池の製造工程として、プラズマCVD法やスパッタリング法が一般に用いられており、このような工程において、薄膜を形成する際には、ガラス基板を膜堆積に適した温度にまで加熱する必要があるが、ガラス基板の厚さを薄くすることで高速加熱が可能になるので、生産工程の生産性が向上するという効果も期待できる。

【0043】以上のことから、本発明において、平板ガラス基板には平板青板ガラスを使用することが好ましい。また、平板ガラス基板の厚さは、平板ガラス基板での光吸収を最小限にするために、3mm以下とすることが好ましく、2mm以下とすることがより好ましい。

40 【0044】また、本発明においては、防眩効果をモジュール表面の表面凹凸ガラス板側に持たせるるので、平板ガラス基板の光入射側の表面を凹凸形状にする必要がなく、レーザビームによる集積化バターンング加工を容易に行うことができる。

【0045】平板ガラス基板の光入射側の表面は、レーザビームによる集積化バターンング加工時においてレーザビームが散乱してエネルギー密度が低下することがないように、なるべく平滑な面であることが好ましい。具体的には、YAGレーザ等のレーザビームが散乱しない範囲として算術平均粗さRaで0.005mm以下である

ことが好ましい。

【0046】本発明において、表面凹凸ガラス板は、非強化の平板ガラス基板の強度を補って、モジュールとしての強度を維持するので、電力用の薄膜太陽電池モジュールを構成する場合、表面凹凸ガラス板の平均厚さは3mm以上であることが好ましい。このような厚みの表面凹凸ガラス板において入射光の吸収を抑制するには、表面凹凸ガラス板として白板ガラスを用いることが好ましい。

【0047】なお、強化された型板の白板ガラス板は、10 結晶シリコンウエハを用いた太陽電池モジュールの保護カバーガラスとして、凹凸面を内側にして使うように設計されたものが従来から量産されており、この用途のものであれば、比較的安価に入手することが可能である。

【0048】本発明において、表面凹凸ガラス板の光入射側表面の凹凸形状は、光の乱反射（散乱）による防眩効果を発揮させるために、一定以上の粗さにする必要があるが、同時に、ガラス板の強度を維持するためとガラス表面に埃等がたまって光透過率が低下するのを防止するために一定以下の粗さにする必要がある。

【0049】表面凹凸ガラス板の光入射側表面の凹凸形状の表面粗さは、算術平均表面粗さRaで0.001mm～0.3mmの範囲であることが好ましく、0.005mm～0.1mmの範囲であることがより好ましい。

【0050】この数値範囲は、本発明者らが表面凹凸ガラス板の表面凹凸形状を様々に変えて薄膜太陽電池モジュールを作製し、その防眩性能、モジュール強度、屋外での表面汚れ等を総合的に評価して見出したものである。

【0051】すなわち、算術平均表面粗さRaが0.001mm未満であると、表面粗さが可視光の波長に近く、ガラス表面での反射光が十分に散乱されないため十分な防眩効果が得られない。また、算術平均表面粗さRaが0.3mmを超えると、約3mmのガラス板では、その強度が大幅に低下する。しかも、モジュールの屋外設置傾斜角が小さい場合に、モジュール表面に付着した埃がたまりやすく、雨水等で流されにくくなる。

【0052】本発明において、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池としては、単結晶でない薄膜シリコン系材料を用いたもの、例えば、アモルファスシリコン、アモルファスシリコンカーバイド、アモルファスシリコンゲルマニウム、マイクロクリスタルシリコン、多結晶薄膜シリコンを用いた薄膜太陽電池が挙げられる。

【0053】非単結晶シリコン系薄膜太陽電池の構造としては、pn接合、pin接合、ショットキーバリア接合等のシングル接合、タンデム接合、トリプル接合が挙げられる。

【0054】本発明において、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池は、絶縁性の平板ガラス基板上に形成され、レーザービームによって集積化パターニングが行われている

ことが好ましい。また、本発明では、前記したように、平板ガラス基板として、両面が平滑な平板ガラスを用いるので、レーザービームによる集積化パターニング加工を容易に行うことができる。

【0055】本発明において、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池の裏面（光入射の反対側の面）に、薄膜への水蒸気の浸入を防ぐために、防湿封止部材を設けておくことが好ましい。このような防湿封止部材としては、例えばプラスチックフィルムまたは金属シート、もしくはこれらを組み合わせフィルムを、エチレン-酢酸ビニル重合体（以下、EVA樹脂という）またはポリビニルブチラール等の接着樹脂にて貼り合わせたラミネート材が好適に用いられる。

【0056】このようなプラスチックフィルムとしては、ポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレン、塩化ビニルまたはフッ素樹脂等のフィルムが挙げられる。金属シートとしては、アルミニウム、亜鉛またはステンレス等のシートが挙げられる。

【0057】本発明において、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池の裏面側（光入射の反対側）に、断熱部材を設けておくことが好ましい。

【0058】前記したように、非晶質薄膜太陽電池では、日射時に太陽電池の温度が上昇した方が高い変換効率を維持できる特徴があることが一般に知られている。

【0059】本発明において、光入射側（太陽電池の表面側）は空間層で断熱保温構造となっており、更に太陽電池の裏面側にも断熱部材を設けておくことにより、入射光で上昇した薄膜太陽電池の熱が裏面側にも逃げにくくなり、薄膜太陽電池を更に高い温度に保つことが可能になる。これにより屋外使用時において、より一層高い変換効率を維持することができる。

【0060】断熱部材としては、グラスウール、ロックウール、発泡ポリスチレン、発泡ウレタンまたは発泡フェノール樹脂等の断熱材、あるいは複層ガラス等を挙げることができる。

【0061】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0062】図1は本発明の薄膜太陽電池モジュールの実施形態を模式的に示す断面図である。

【0063】この実施形態の薄膜太陽電池モジュールは、表面凹凸ガラス板1と、空間層2と、シールスペーサ3と、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池5が形成された平板ガラス基板4と、封止樹脂6、裏面封止フィルム7とを備えている。

【0064】これら表面凹凸ガラス板1、空間層2（シールスペーサ3）、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池5が形成された平板ガラス基板4、封止樹脂6、及び裏面封止フィルム7は、光入射側からのこの順に積層されている。

【0065】表面凹凸ガラス板1には、例えば熱強化処理された白板型ガラスが用いられている。表面凹凸ガラス板1の光入射側の表面1aには、エンボス加工等により凹凸形状が形成されている。平板ガラス基板4には、例えば非強化の青板ガラスが用いられている。

【0066】シールスペーサ3は、表面凹凸ガラス板1及び平板ガラス基板4の周縁部に配置されており、表面凹凸ガラス板1と平板ガラス基板4との間に一定の間隔を保って空間層2を形成するとともに、その空間層2に充填された乾燥空気を封止している。

【0067】封止樹脂6には、例えば太陽電池用のEVA樹脂が用いられており、裏面封止フィルム7には、例えばPET/アルミニウム/PETの積層フィルムが用いられている。

【0068】非単結晶シリコン系薄膜太陽電池5は、平板ガラス基板4の裏面（光入射の反対側の面）上に形成された透明導電膜51と、透明導電膜51上に形成された半導体膜52と、半導体膜52上に形成された裏面電極53を備えている。

【0069】透明導電膜51には、例えば SnO_2 透明導電膜が用いられている。半導体膜52には、例えばシングル構造アモルファスシリコン半導体膜が用いられており、裏面電極53には、例えばZnO透明導電膜及び銀薄膜からなる複層膜が用いられている。

【0070】以上の実施形態によれば、表面凹凸ガラス板1の光入射側の表面1aに凹凸形状を形成しているので、モジュールへの入射光は表面凹凸ガラス板1の表面1aで乱反射（散乱）され、十分な防眩効果が発揮される。これにより、モジュール表面のガラスの反射光による問題を低減することができる。

【0071】しかも、防眩効果と強度保持の2つの機能をモジュール表面の表面凹凸ガラス板1に持たせているので、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池5を形成する平板ガラス基板4の板厚を薄くすることができる。さらに、平板ガラス基板4の表面を凹凸形状とする必要がなく、平板ガラス基板4として安価な平板青板ガラスを用いることができる。

【0072】図2は本発明の薄膜太陽電池モジュールの他の実施形態を模式的に示す断面図である。

【0073】この実施形態の太陽電池モジュールは、図1の構造に加えて、裏面封止フィルム7の裏面（光入射の反対側の面）に、グラスウール成形板等の断熱材8を設けたところに特徴がある。

【0074】このように、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池5の裏面側に断熱材8を設けておくと、入射光で上昇した薄膜太陽電池の熱が裏面側にも逃げにくくなり、薄膜太陽電池を更に高い温度に保つことが可能になる。これにより屋外使用時において、より一層高い交換効率を維持することができる。

【0075】図3は本発明の薄膜太陽電池モジュールの

別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【0076】この実施形態の太陽電池モジュールは、図1の構造に加えて、裏面封止フィルム7の裏面に、シールスペーサ9及び平板ガラス11を設けて、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池5の裏面側にも空間層10を設けたところに特徴がある。

【0077】このように、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池5の裏面側に、空間層10と平板ガラス11からなる断熱部材（複層ガラス）を設けておくことにより、入射光で上昇した薄膜太陽電池の熱が裏面側にも逃げにくくなり、薄膜太陽電池を更に高い温度に保つことが可能になる。これにより屋外使用時において、より一層高い交換効率を維持することができる。

【0078】図4は本発明の薄膜太陽電池モジュールの更に別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【0079】この実施形態の太陽電池モジュールは、図1の構造に加えて、表面凹凸ガラス板1の裏面1b（平板ガラス基板4側の面）にも、防眩効果を得るための凹凸形状を形成している点に特徴がある。

【0080】このように、表面凹凸ガラス板1の表面1aと裏面1bの両面に凹凸形状を形成しておけば、防眩効果を更に高めることができる。

【0081】図5は本発明の薄膜太陽電池モジュールの更に別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【0082】この実施形態の太陽電池モジュールは、図1の構造に加えて、表面凹凸ガラス板1の裏面（空間層2側の面）に反射防止膜12を形成するとともに、平板ガラス基板4の表面（空間層2側の面）に反射防止膜13を形成している点に特徴がある。

【0083】このように、空間層2が面するガラス表面に反射防止膜12、13を形成しておけば、光反射を更に低減することができる。

【0084】

【実施例】以下、本発明の実施例を比較例とともに説明する。

【0085】＜実施例1＞図1の構造の薄膜太陽電池モジュールを作製した。

【0086】具体的には、平板ガラス基板として、厚さ1、8mm、外径寸法650mm×910mmの非強化の青板ガラス基板に熱CVD法で SnO_2 透明導電膜を形成したものを用い、その青板ガラス基板上に、公知のプラズマCVD法により、pin素子構造のシングル構造アモルファスシリコン半導体膜を形成し、さらに公知のDCマグネトロンスパッタにより、ZnO透明導電膜及び銀薄膜からなる裏面電極を形成してアモルファスシリコン薄膜太陽電池を得た。

【0087】なお、 SnO_2 透明導電膜とアモルファスシリコン膜、及び裏面電極膜はそれぞれ成膜後にYAGレーザビームでストライプ状に分割・接続し、細かい短冊状の太陽電池セルが直列接続された構造にバターン

10

20

30

40

50

グして集積化した。

【0088】次に、片面（光入射側の面）に算術平均粗さ $R_a = 0.05\text{ mm}$ のエンボス加工が施された平均厚さ 3.2 mm の白板強化ガラスからなる表面凹凸ガラス板と、厚さ 6 mm のシールスペーサと、前記アモルファスシリコン薄膜太陽電池を形成した平板ガラス基板と、厚さ 0.4 mm の太陽電池用EVA樹脂シートと、PET/アルミニウム/PETの積層フィルムとをこの順に積層一体化して薄膜太陽電池モジュールを作製した。

【0089】このようにして作製した薄膜太陽電池モジュールを、晴天日の昼間に住宅の2階の南向き壁面に垂直に設置し、南、南東、南西の各方向にそれぞれ 20 m 離れた位置から観察した。その結果、太陽光の反射光によるモジュール表面のぎらつきや、周囲景色の映り込みは殆ど見られず、良好な外観が得られることが確認された。

【0090】また、作製した薄膜太陽電池モジュールを、住宅の屋根（傾斜角 10 度の傾斜面）上に設置し、 100 日間の屋外暴露試験を行ったところ、薄膜太陽電池モジュールの外観に変化はなく、表面凹凸ガラス板表面には殆ど埃が付着残留していないことが確認された。

【0091】さらに、作製した薄膜太陽電池モジュールを、長手方向の両端部のみが支持されるように2本のH型鋼上に光入射面を上にして水平に置いた状態で、モジュール表面の表面凹凸ガラス板の上に均等に力がかかるように乾燥砂の入った砂袋をのせて 1500 N/m^2 の圧力を印加する荷重試験を行った。その結果、薄膜太陽電池モジュールの破損は発生しなかった。また、試験前後の出力変化は 1% 未満で電気的特性にも変化がないことが確認された。

【0092】＜比較例1＞実施例1において、モジュール表面の表面凹凸ガラス板に替えて、両面が平滑な白板の平板ガラスを用いたこと以外は、実施例1と同じとして薄膜太陽電池モジュールを作製した。

【0093】このようにして作製した薄膜太陽電池モジュールを、住宅壁面設置して、南、南東、南西の3方向からそれぞれ薄膜太陽電池モジュールの表面を観察したところ、太陽光の反射光が非常に眩しく見える方向があった。さらに、モジュール表面が鏡のようになって周囲景色が映り込み、建築物の外観として問題があった。

【0094】＜比較例2＞実施例1において、薄膜太陽電池を形成する平板ガラス基板として厚さ 4 mm の白板の平板ガラスを用いた。さらに、平板ガラス基板の光入射側に表面凹凸ガラス板及び空間層を設けず、薄膜太陽電池のレーザパターンニング処理後に、前記平板ガラス基板の光入射側の表面に、ガラスビーズを分散したフッ素系塗料を塗布して凹凸形状を形成するようにしたこと以外は、実施例1と同じとして薄膜太陽電池モジュールを作製した。

【0095】このようにして作製した薄膜太陽電池モジ

ュールを、住宅の2階の南向き壁面に垂直に設置し、南、南東、南西の各方向にそれぞれ 20 m 離れた位置から観察した。その結果、太陽光の反射光によるモジュール表面のぎらつきや、周囲景色の映り込みは殆ど見られなかった。しかしながら、モジュール表面の凹凸形状に場所による外観のむらが生じており、外観はあまり良好ではなかった。

【0096】また、作製した薄膜太陽電池モジュールを、住宅の屋根（傾斜角 10 度の傾斜面）に設置し、 100 日間の屋外暴露試験を行ったところ、薄膜太陽電池モジュールのガラス表面に埃が付着残留しており、部分的に白くなっていた。また、埃を落とすためにウエスで表面を擦ると、ガラス基板表面の樹脂層に細かい擦れ傷が生じた。

【0097】＜実施例2＞実施例1において、モジュール表面の表面凹凸ガラス板として、片面（光入射側の面）に算術平均粗さ $R_a 0.01\text{ mm}$ の凹凸加工が施された平均厚さ 3.2 mm の熱強化白板型板ガラス板を用いたこと以外は、実施例1と同じとして薄膜太陽電池モジュールを作製した。

【0098】このようにして作製した薄膜太陽電池モジュールを、晴天日の昼間に住宅の2階の南向き壁面に垂直に設置し、南、南東、南西の各方向にそれぞれ 20 m 離れた位置から観察した。その結果、太陽光の反射光によるモジュール表面のぎらつきや、周囲景色の映り込みは殆ど見られず、良好な外観が得られることが確認された。

【0099】また、作製した薄膜太陽電池モジュールを、住宅の屋根（傾斜角 10 度の傾斜面）上に設置し、 100 日間の屋外暴露試験を行ったところ、薄膜太陽電池モジュールの外観に変化はなく、表面凹凸ガラス板表面には殆ど埃が付着残留していないことが確認された。

【0100】さらに、作製した薄膜太陽電池モジュールを、長手方向の両端部のみが支持されるように、2本のH型鋼上に光入射面を上にして水平に置いた状態で、モジュール表面の表面凹凸ガラス板の上に均等に力がかかるように乾燥砂の入った砂袋をのせて 1500 N/m^2 の圧力を印加する荷重試験を行った。その結果、薄膜太陽電池モジュールの破損は発生しなかった。また、試験前後の出力変化は 1% 未満で電気的特性にも変化がないことが確認された。

【0101】＜実施例3＞実施例1において、モジュール裏面に厚さ 30 mm のガラスウール成形板を接着剤で接着したこと以外は、実施例1と同じとして薄膜太陽電池モジュールを作製した。

【0102】このようにして作製した薄膜太陽電池モジュールを、晴天日の昼間に住宅の2階の南向き壁面に垂直に設置し、南、南東、南西の各方向にそれぞれ 20 m 離れた位置から観察した。その結果、太陽光の反射光によるモジュール表面のぎらつきや、周囲景色の映り込み

は殆ど見られず、良好な外観が得られることが確認された。

【0103】また、作製した薄膜太陽電池モジュールを、住宅の屋根（傾斜角10度の傾斜面）上に設置し、100日間の屋外暴露試験を行ったところ、薄膜太陽電池モジュールの外観に変化はなく、表面凹凸ガラス板表面には殆ど埃が付着残留していないことが確認された。

【0104】さらに、作製した薄膜太陽電池モジュールを、長手方向の両端部のみが支持されるように、2本のH型鋼上に光入射面を上にして水平に置いた状態で、モジュール表面の表面凹凸ガラス板の上に均等に力がかかるように乾燥砂の入った砂袋をのせて1500N/m²の圧力を印加する荷重試験を行った。その結果、薄膜太陽電池モジュールの破損は発生しなかった。また、試験前後の出力変化は1%未満で電気的特性にも変化がないことが確認された。

【0105】さらに、作製した薄膜太陽電池モジュールについて、6月の外気温25℃の晴天の南中時に薄膜太陽電池部の温度を、モジュール内部に組み込んだ熱電対で測定したところ、実施例1の薄膜太陽電池モジュールに比べて16℃高くなっていた。また、表面凹凸ガラス板及び空間層のない薄膜太陽電池モジュールに比べて31℃高くなっており、高い断熱保温性が有していることが確認された。、さらに、100日間の屋外暴露試験を行った後に、ソーラーシミュレーターにおいて、25℃、1000W/m²光照射の標準状態における変換効率を測定したところ、この実施例3の薄膜太陽電池モジュールでは、屋外暴露前の変換効率と同じであり、同様に屋外暴露を行った実施例1の薄膜太陽電池モジュールに比べて約1.1倍の高い変換効率を示し、また、同様に屋外暴露を行った表面凹凸ガラス板及び空間層のない薄膜太陽電池モジュール（屋外暴露前の変換効率は実施例3と同じ）に比べて1.2倍の高い変換効率を示していた。

【0106】＜実施例4＞実施例1において、表面凹凸ガラス板及び平板ガラス基板の空間層側の表面にそれぞれ低屈折率のフッ素樹脂（旭硝子社製、商品名：サイトップ、屈折率1.34）を塗布して反射防止膜を各2μm形成したこと以外は、実施例1と同じとして薄膜太陽電池モジュールを作製した。

【0107】このようにして作製した薄膜太陽電池モジュールを、晴天日の昼間に住宅の2階の南向き壁面に垂直に設置し、南、南東、南西の各方向にそれぞれ20m離れた位置から観察した。その結果、太陽光の反射光によるモジュール表面のぎらつきや、周囲景色の映り込みは殆ど見られず、良好な外観が得られることが確認された。

【0108】また、作製した薄膜太陽電池モジュールを、住宅の屋根（傾斜角10度の傾斜面）上に設置し、100日間の屋外暴露試験を行ったところ、薄膜太陽電

池モジュールの外観に変化はなく、表面凹凸ガラス板表面には殆ど埃が付着残留していないことが確認された。

【0109】さらに、作製した薄膜太陽電池モジュールを、長手方向の両端部のみが支持されるように、2本のH型鋼上に光入射面を上にして水平に置いた状態で、モジュール表面の表面凹凸ガラス板の上に均等に力がかかるように乾燥砂の入った砂袋をのせて1500N/m²の圧力を印加する荷重試験を行った。その結果、薄膜太陽電池モジュールの破損は発生しなかった。また、試験前後の出力変化は1%未満で電気的特性にも変化がないことが確認された。

【0110】また、変換効率を実施例1と比較したところ、薄膜太陽電池単体の変換効率は同じであったが、薄膜太陽電池モジュールでの変換効率は、この実施例4のモジュールの方が約4%高かった。

【0111】＜実施例5＞実施例1において、モジュール裏面に6mm厚の空間層（乾燥空気充填）と平板ガラスからなる複層ガラスの断熱部材を設けたこと以外は、実施例1と同じとして薄膜太陽電池モジュールを作製した。

【0112】このようにして作製した薄膜太陽電池モジュールを、晴天日の昼間に住宅の2階の南向き壁面に垂直に設置し、南、南東、南西の各方向にそれぞれ20m離れた位置から観察した。その結果、太陽光の反射光によるモジュール表面のぎらつきや、周囲景色の映り込みは殆ど見られず、良好な外観が得られることが確認された。

【0113】また、作製した薄膜太陽電池モジュールを、住宅の屋根（傾斜角10度の傾斜面）上に設置し、100日間の屋外暴露試験を行ったところ、薄膜太陽電池モジュールの外観に変化はなく、表面凹凸ガラス板表面には殆ど埃が付着残留していないことが確認された。

【0114】さらに、作製した薄膜太陽電池モジュールを、長手方向の両端部のみが支持されるように、2本のH型鋼上に光入射面を上にして水平に置いた状態で、モジュール表面の表面凹凸ガラス板の上に均等に力がかかるように乾燥砂の入った砂袋をのせて1500N/m²の圧力を印加する荷重試験を行った。その結果、薄膜太陽電池モジュールの破損は発生しなかった。また、試験前後の出力変化は1%未満で電気的特性にも変化がないことが確認された。

【0115】さらに、作製した薄膜太陽電池モジュールについて、6月の外気温25℃の晴天の南中時に薄膜太陽電池部の温度を、モジュール内部に組み込んだ熱電対で測定したところ、実施例1の薄膜太陽電池モジュールに比べて16℃高くなっていた。また、表面凹凸ガラス板及び空間層のない薄膜太陽電池モジュールに比べて31℃高くなっており、高い断熱保温性が有していることが確認された。、さらに、100日間の屋外暴露試験を行った後に、ソーラーシミュレーターにおいて、25

℃、 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 光照射の標準状態における変換効率を測定したところ、この実施例 5 の薄膜太陽電池モジュールでは、屋外暴露前の変換効率と同じであり、同様に屋外暴露を行った実施例 1 の薄膜太陽電池モジュールに比べて約 1.1 倍の高い変換効率を示し、また、同様に屋外暴露を行った表面凹凸ガラス板及び空間層のない薄膜太陽電池モジュール（屋外暴露前の変換効率は実施例 5 と同じ）に比べて 1.2 倍の高い変換効率を示していた。

【0116】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の薄膜太陽電池モジュールによれば、非単結晶シリコン系薄膜太陽電池を形成するガラス基板として安価な非強化平板ガラスを用い、そのガラス基板の表面側に、凹凸形状が表面に形成された表面凹凸ガラス板を、空間層を設けて配置しているので、モジュールの表面ガラスの反射光による問題を低減することができるとともに、発電効率を低下させることなく十分な強度を確保することができる。しかも、屋外使用時の特性安定性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の薄膜太陽電池モジュールの実施形態を模式的に示す断面図である。

【図 2】本発明の薄膜太陽電池モジュールの他の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図 3】本発明の薄膜太陽電池モジュールの別の実施形態

* 態を模式的に示す断面図である。

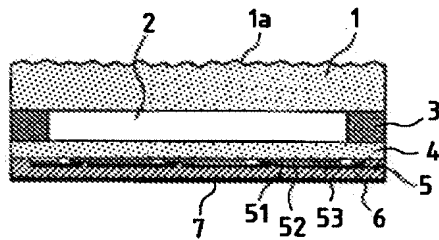
【図 4】本発明の薄膜太陽電池モジュールの更に別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図 5】本発明の薄膜太陽電池モジュールの更に別の実施形態を模式的に示す断面図である。

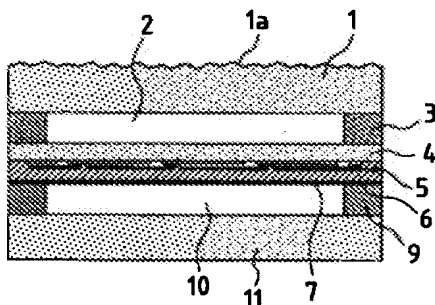
【符号の説明】

- 1 表面凹凸ガラス板
- 1a 表面凹凸ガラス板の表面（光入射側の面）
- 1b 表面凹凸ガラス板の裏面（光入射の反対側の面）
- 2 空間層
- 3 シールスペーサ
- 4 平板ガラス基板
- 5 非単結晶シリコン系薄膜太陽電池
- 51 透明導電膜
- 52 半導体膜
- 53 裏面電極
- 6 封止樹脂
- 7 裏面封止フィルム
- 8 断熱材
- 9 シールスペーサ
- 10 空間層
- 11 平板ガラス
- 12 反射防止膜
- 13 反射防止膜

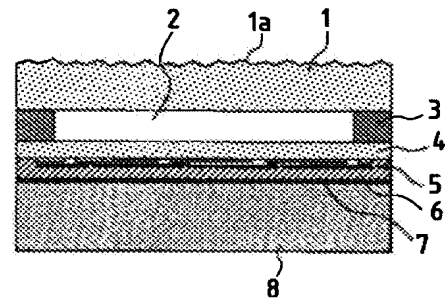
【図 1】



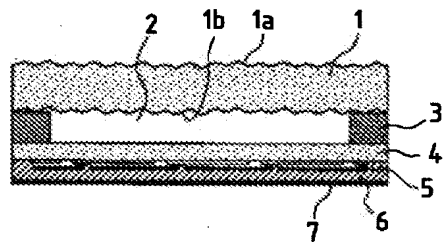
【図 3】



【図 2】



【図 4】



【図5】

